

# 현장활용을 위한 산림내 GPS 장비별 정확도 연구

2008. 10. 30



**동부지방산림청**  
산림경영과 이기용



# 발표순서

I 조사 배경

II GPS 장비보유 및 사용현황

III 조사 방법

IV 조사 결과

V 결론 및 제언

# I 조사배경

# 1. 측량 정확도(오차) 자료 부재

산림사업 좌표체계 활용지침 (산림청, 2005. 4. 21)

- 산림사업과 관련된 위치선정 및 경계측량 장비  
: 허용오차  $\pm 2m$  (DGPS)
- 개략적인 위치 확인용 간이 GPS : 허용오차  $\pm 15m$

산림이 가지는 주요 환경인자 및 GPS 장비 성능에 따라 발생하는 오차에 대한 구체적인 자료가 없음

현재 산림청에서 보급·사용중인 GPS 장비의 정확도는 제품사양서에 명시된 내용이 전부

## 2. GPS 측량 효율성 저하

각종 산림사업시 GPS 측량 보편화

측량목적에 따른 오차 범위를 고려하지 않음

휴대가 불편한 고가의 장비를 맹목적으로 사용

GPS 측량 업무의 효율성 및 측량DB의 신뢰도 저하

정확한 장비 = 고가의 장비

정확한 장비는 과연 얼마나 정확한 것인가?

# <사례 1> 측량목적에 맞지 않는 부정확한 장비사용

- 동해시 소나무재선충병 발병에 따른 긴급 예찰조사 (2005)
  - 조사인원 102명(24개조)이 최초감염목 발생지 반경 1km를 전수조사
  - 조별 간격 30~40m 로 이격
  - 고사목 좌표취득(198본) 후 영림단 투입하여 고사목 벌채
  - 사용 GPS 장비 : Garmin 60CS 24대

- 60CS의 평균오차는 약 18m 이며 최대 50m 이상까지 오차 발생
- 조사후 고사목 벌채를 위한 영림단 투입하였으나 해당 지역에서 고사목 발견에 어려움



## <사례 2> 측량목적에 따른 장비선택 기준 부재

- **송례문 화재로 인한 문화재 복원용 대경재 전수 조사 실시 (2008)**
  - 공급대상목 DB 구축을 위한 단목별 좌표 취득
  - 특대재 조사의 경우 조사면적이 광범위
  - 조사시간이 길고 이동로가 매우 험함



어떤 GPS 장비를 사용할 것인가?



고가의 정확한 장비는 휴대가 어렵고 간이용 장비는 정확도가 의문



각 GPS 장비별 발생오차에 대한 연구 필요성 제기



## Ⅱ GPS 장비보유 및 사용현황



# 1. GPS 장비 보유현황 (2007년 기준)

관리소	소계	Pro-XRS	Geo XM	60 CS
총계	70	23 [경영9,자원14]	20 [경영7,자원1,보호4,관리8]	27 [경영5,자원9,보호13]
강릉	9	4 [경영2,자원2]	2 [경영1,보호1]	3 [경영1,자원1,보호1]
양양	8	3 [경영1,자원2]	3 [경영1,관리2]	2 [보호2]
평창	13	4 [경영2,자원2]	5 [경영1,자원1,보호1,관리2]	4 [경영1,자원1,보호2]
영월	11	3 [경영1,자원2]	2 [경영1,관리1]	6 [경영1,자원4,보호1]
정선	8	3 [경영1,자원2]	3 [경영1,보호1,관리1]	2 [경영1,보호1]
삼척	13	3 [경영1,자원2]	3 [경영1,보호1,관리1]	7 [경영1,자원1,보호5]
태백	8	3 [경영1,자원2]	2 [경영1,관리1]	3 [자원2,보호1]

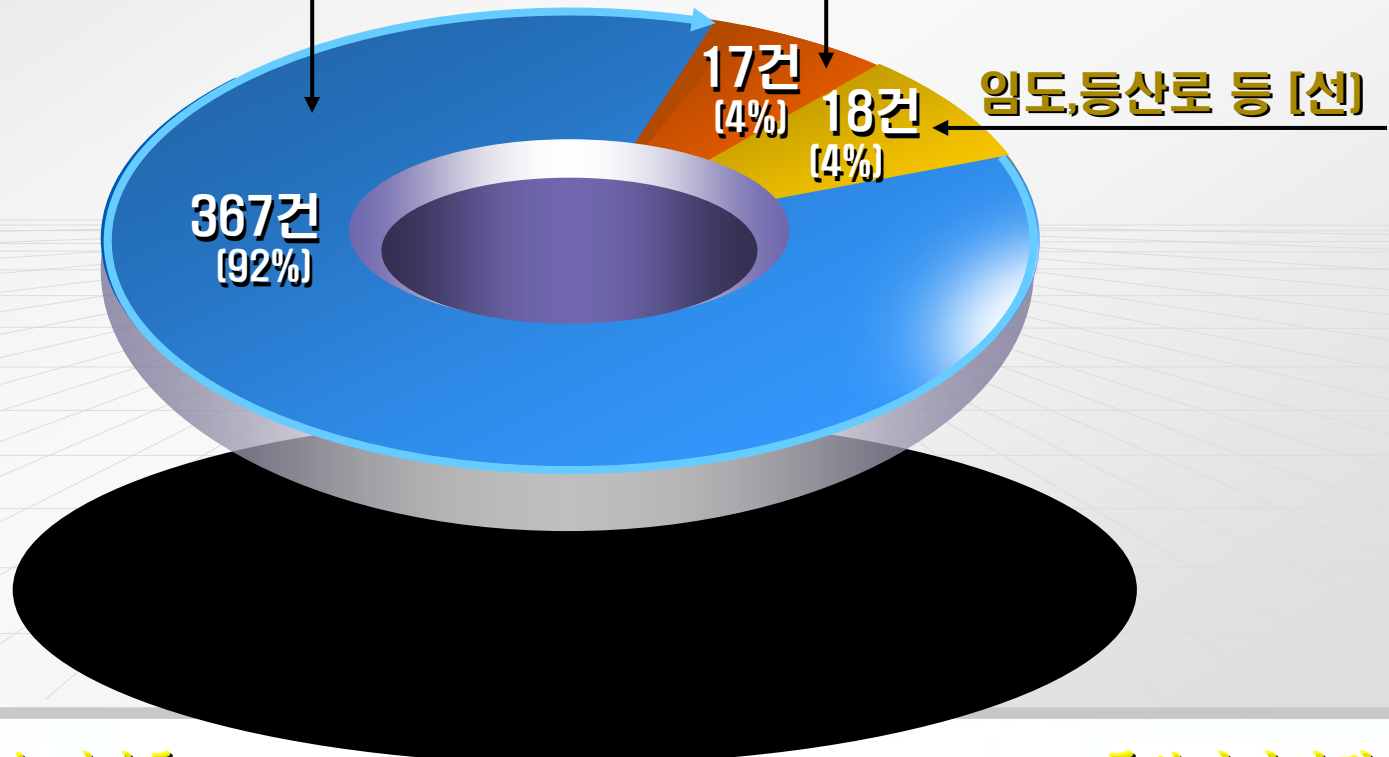
## 2. GPS 측량 사용목적 분석 (2007년 기준)

### GPS 측량 사용목적

숲가꾸기사업지 [면]

사방댐, 문화재목 등 [점]

임도, 등산로 등 [선]



## Ⅲ 조사 방법

# 1. 전문측량업체 측량과 GPS 측량의 오차 비교 (2007)

## 면적측량 비교결과

장 소	측 량 기 기	구분	데이터 취득 방법별			비 고
			점(point)	선(line)	면(area)	
대관령 자연휴양림	전문측량업체(광파측량기)	면적(m <sup>2</sup> )	12,242			
	컴퍼스측량기	면적(m <sup>2</sup> )	12,133 (109)			
	Trimble PRO-XRS (1차)	면적(m <sup>2</sup> )	12,382 (140)	12,405 (163)	12,478 (236)	
	Trimble PRO-XRS (2차 측점고정)	면적(m <sup>2</sup> )	12,295 (53)	-	-	
	Trimble PRO-XRS (안테나 기울임)	면적(m <sup>2</sup> )	12,989 (747)	-	-	
	Trimble PRO-XR(2차)	면적(m <sup>2</sup> )	12,060 (182)	-	-	
영월 상동	컴퍼스측량기	면적(m <sup>2</sup> )	2,212			
	Trimble PRO-XRS	면적(m <sup>2</sup> )	2,256 (44)	2,052 (160)	2,104 (108)	

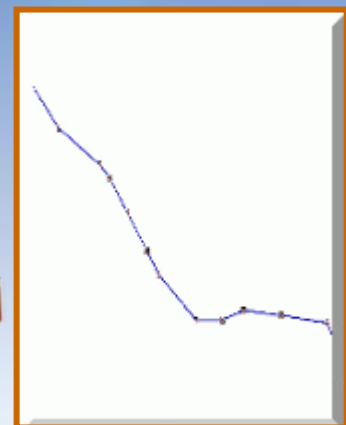


- GPS 면적측량의 경우 평균 1.6%의 오차가 발생
- 면적측량시 점피쳐를 취득하여 측량하는 것이 가장 정확

# 1. 전문측량업체 측량과 GPS 측량의 오차 비교 (2007)



GPS 측량 데이터의 가공에서도 오차가 발생



• 좀 더 정확한 비교를 위해서 단일 점측량에 대한 GPS 장비별 오차 연구 필요

## 2. 산림내 환경인자 및 GPS 장비별 정확도 비교 (2008)

- 연구방향 설정 (산림지리정보 학습동아리)

- 운영회의 개최 : GPS 측량에 영향을 주는 주요 환경인자 및 비교장비 결정



- GIS 연구 협력 MOU 체결 (강릉대학교, 2006.9)

- 정밀 GPS 장비 및 인력협조
- 동부청 관내 탄소고정지도 (공간분석)



## 2. 산림내 환경인자 및 GPS 장비별 정확도 비교 (2008)

### 비교장비

장비별	기 준 장 비		비 교 장 비		
	Trimble 5700		Garmin 60CS	Geo XM	Pro XRS
GPS 수신기	24채널 L1 C/A 코드 L1/L2 Full Cycle Carrier		12채널 L1 C/A 코드	12채널 L1 C/A 코드	12채널 L1 C/A 코드 L1 Carrier
용 도	정밀 측량용		레저용	GIS 맵핑용	GIS 맵핑용
정확도	실시간 (구분)	수평 ± 0.25m 수직 ± 0.50m (Beacon)	3m 이하(WAAS)	1m 이하 (SBAS)	1m 이하 (Beacon)
	후처리 (코드)	수평 ± 5mm 수직 ± 5mm (Static)	-	1m 이하	50cm 이하
무 게	수신기(배터리포함) 1.4kg		0.21kg	0.76kg	2.8kg [안테나(배터리포함) 1.5kg] [수신기 : 0.8kg] [데이터로거 0.5kg]
구입가격	1세트 45,000천원 (수신기2, 컨트롤러1)		약 1,000천원	약 5,000천원	약 20,000천원
특이사항			•최초 GPS 수신 시간이 빠름 •배터리 교환 용이	•배터리일체형 [사용시간:8시간] •배터리 교체가 어려움	•배터리 휴대가 가능 [사용시간 무제한] •휴대가 불편함

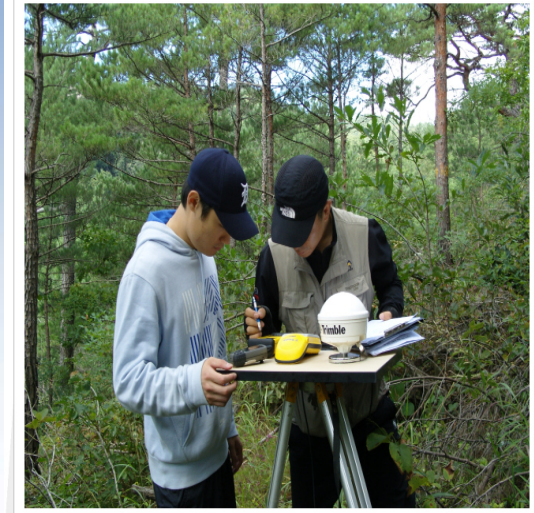
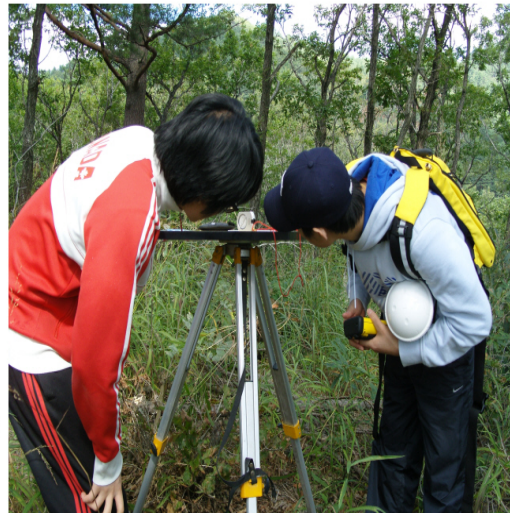
## 2. 산림내 환경인자 및 GPS 장비별 정확도 비교 (2008)

### 조사방법

산림내 주요 환경인자에 따라 각각의 시험구 설정  
각 시험구 측량값(점좌표)을 비교

측량지점별(8개소) 각각 10개의 측량데이터 수집

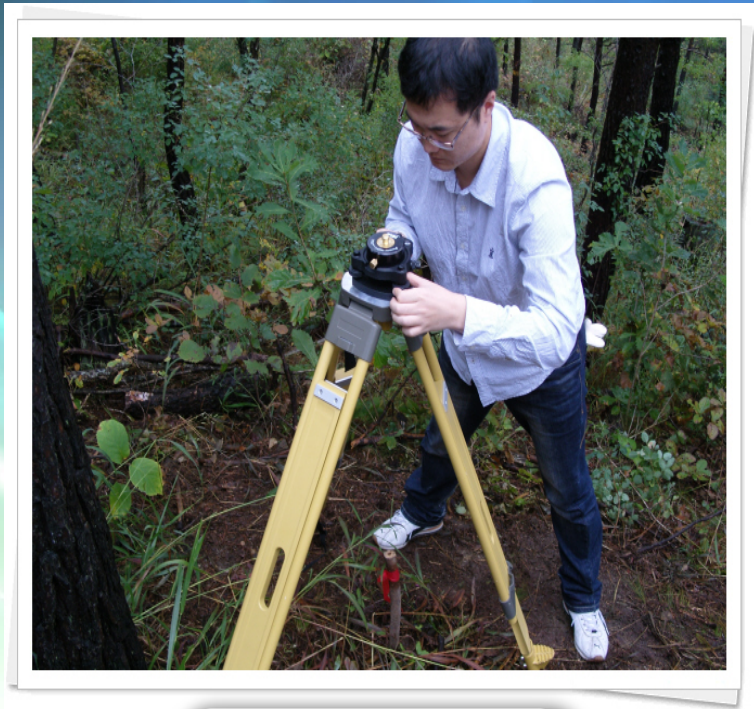
측량시 장비별로 동일한 조건을 부여





### 참값(기준값) 설정

- Trimble 5700(2주파처리기) 이용
- 3시간 이상 Static 측량



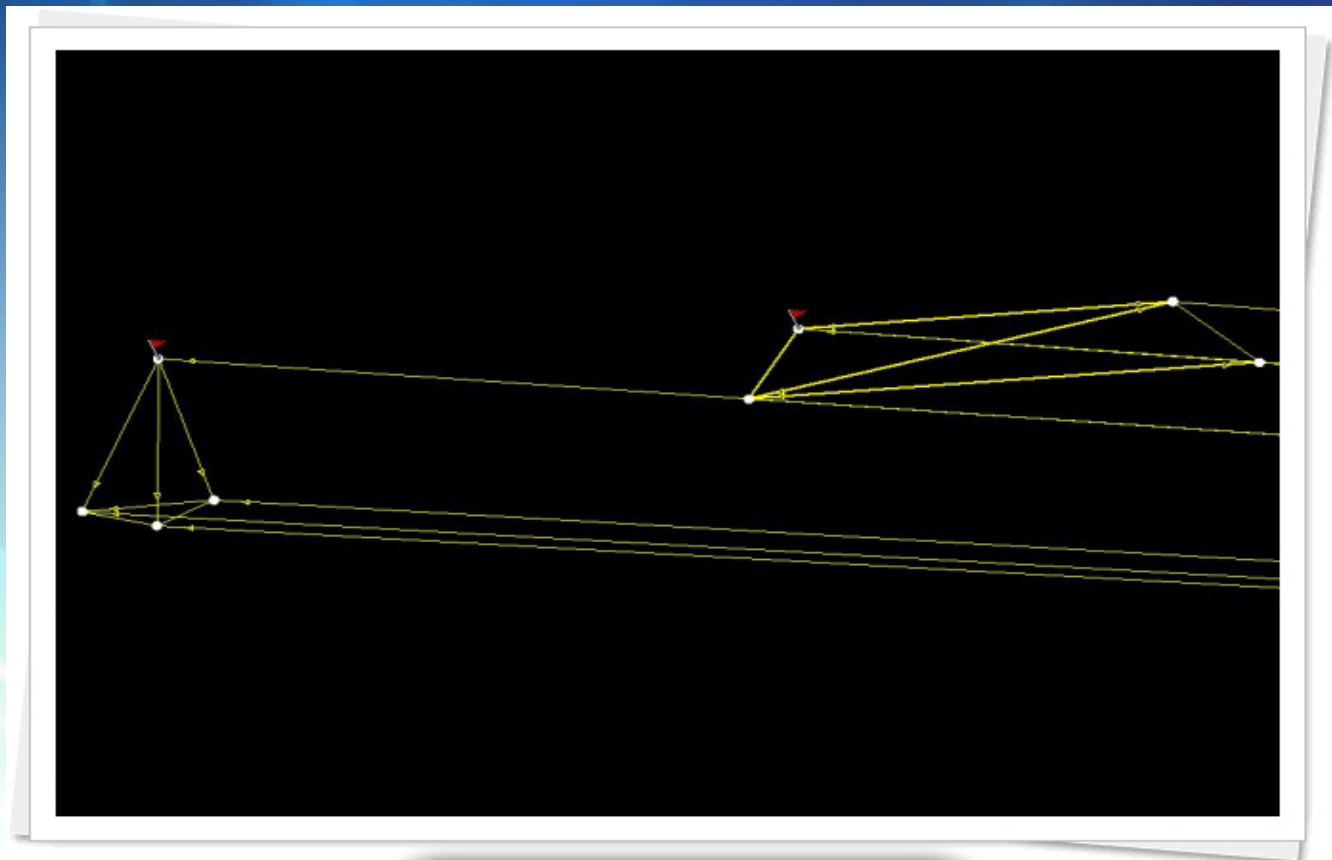
측량장비 설치



Static 측량 실시

## 2. 산림내 환경인자 및 GPS 장비별 정확도 비교 (2008)

국토지리정보원 위성측지기준점(강릉대학교내)과 삼각망 구성



삼각망 구성(DGPS)

## 2. 산림내 환경인자 및 GPS 장비별 정확도 비교 (2008)

지형적 요인 : 능선부, 산복부, 계곡부

능선부



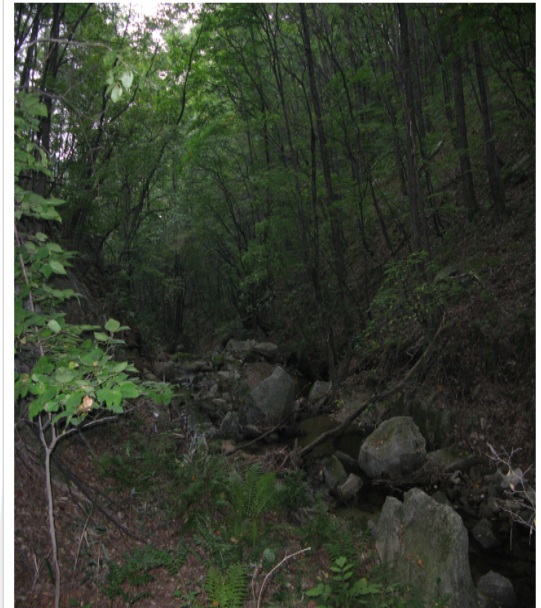
임상 : 칩  
수고 : 12/8-13m  
경급 : 18/10-22cm

산복부



임상 : 칩  
수고 : 12/8-14m  
경급 : 18/6-26cm

계곡부



임상 : 혼  
수고 : 14/8-18m  
경급 : 16/6-22cm

## 2. 산림내 환경인자 및 GPS 장비별 정확도 비교 (2008)

임상적 요인 : 침, 활, 혼

침엽수림



주수종 : 소나무  
수고 : 15/9-18m  
경급 : 20/8-26cm

활엽수림



주수종 : 신갈, 굴참  
수고 : 12/8-14m  
경급 : 18/6-26cm

혼효림



주수종 : 소나무, 신갈, 서어  
수고 : 14/8-18m  
경급 : 16/6-22cm

## 2. 산림내 환경인자 및 GPS 장비별 정확도 비교 (2008)

수관밀도에 의한 요인 : 소밀도(중), 소밀도(밀)

### 소밀도 (중)



임상 : 침  
수고 : 14/8-16m  
경급 : 20/12-26cm

### 소밀도 (밀)



임상 : 활  
수고 : 12/8-16m  
경급 : 16/6-24cm

### 데이터 분석방법

X,Y좌표에 대한 오차분석 방법 : RMSE(Root Mean Square Error)

$$RMSE = \sqrt{\frac{(e_1^2 + e_2^2 + \dots + e_n^2)}{n - 1}}$$

[n:관측횟수, e:(참값-측량값)]

평균오차 : 직선방정식 이용

$$\text{평균 거리오차} = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2}$$

## IV

# 조사 결과

# 1. 지형적 요인

인자별	기종별	DGPS	RMSE		평균거리오차 (m)
			X	Y	
능선부	60 CS	실시간	4.998	6.331	8.066
	Handheld형 GEO XM	실시간	2.161	2.231	3.106
		후처리	1.970	2.134	2.905
	Pro-XRS	실시간	0.837	1.251	1.505
		후처리	0.600	1.233	1.371
	산복부	60 CS	실시간	8.197	9.497
Handheld형 GEO XM		실시간	2.064	3.509	4.071
		후처리	1.988	3.631	4.140
Pro-XRS		실시간	1.028	2.614	2.809
		후처리	0.723	1.816	1.955
계곡부		60 CS	실시간	23.224	45.618
	Handheld형 GEO XM	실시간	1.241	2.913	3.167
		후처리	2.566	2.380	3.500
	Pro-XRS	실시간	1.389	4.631	4.835
		후처리	2.210	5.062	5.523



# 2. 임상적 요인

인자별	기종별	DGPS	RMSE		평균거리오차 (m)
			X	Y	
침엽수림	60 CS	실시간	13.544	4.229	14.189
	Handheld형 GEO XM	실시간	1.389	1.702	2.198
		후처리	1.481	2.779	3.149
	Pro XRS	실시간	0.823	2.216	2.364
		후처리	0.698	1.605	1.750
활엽수림	60 CS	실시간	4.393	5.206	6.812
	Handheld형 GEO XM	실시간	2.187	3.812	4.395
		후처리	1.886	2.890	3.451
	Pro XRS	실시간	1.383	1.551	2.079
		후처리	1.200	1.351	1.807
혼효림	60 CS	실시간	6.850	39.463	40.054
	Handheld형 GEO XM	실시간	2.678	3.256	4.217
		후처리	3.131	3.061	4.379
	Pro XRS	실시간	2.047	3.373	3.946
		후처리	1.796	3.341	3.793

### 3. 수관밀도에 의한 요인

인자별	기종별	DGPS	RMSE		평균거리오차 (m)
			X	Y	
소밀도 (중) 〈간벌 실행〉	60 CS	실시간	5.451	6.555	8.526
	Handheld형 GEO XM	실시간	2.123	2.694	3.430
		후처리	1.985	2.496	3.190
	Pro XRS	실시간	1.740	1.016	2.015
		후처리	1.339	0.996	1.669
	소밀도 (밀) 〈간벌 미실행〉	60 CS	실시간	6.191	4.348
Handheld형 GEO XM		실시간	4.723	1.724	5.028
		후처리	5.122	1.463	5.327
Pro XRS		실시간	1.433	1.180	1.857
		후처리	0.885	1.070	1.389

# 4. 결과분석

환경인자에 따른 오차발생 (장비별 실시간보정 값의 평균)

구분	지형별			임상별			수관밀도	
	능선부	산복부	계곡부	침엽수	활엽수	혼효림	소밀도 [중]	소밀도 [밀]
평균거리 오차(m)	4.225	6.475	19.730	6.250	4.428	16.072	4.657	4.817

지형별 : 계곡부>산복부>능선부

임상별 : 혼효림>침엽수>활엽수

수관밀도 : 소밀도[밀]>소밀도[중]

# 4. 결과분석

## 기종별 오차발생

기종별	구 분	최소평균 거리오차(m)	최대평균 거리오차(m)	최종평균 거리오차(m)
60CS	실시간보정 (WAAS)	6.812	51.189	17.681
Geo XM	실시간보정 (SBAS)	2.198	5.028	3.584
	후처리보정	2.905	5.327	3.621
Pro XRS	실시간보정 (Beacon)	1.505	4.835	2.598
	후처리보정	1.371	5.523	2.374



V

## 결론 및 제언

# 1. 최소의 투자, 최대의 효과를 위한 선택과 집중

## 측량목적에 따른 GPS 장비 선택

- 대면적 측량의 경우  $\pm 1\text{m}$ 의 오차는 누적되어 면적오차가 늘어나므로 산림사업지 면적측량은 Pro XRS가 적합
- 점,선측량의 경우 일반적인 현황자료로서  $\pm 1\text{m}$  이내의 오차는 허용이 가능하므로 휴대가 용이한 Handheld 형 GPS 사용
- 선택과 집중으로 업무 효율성 극대화
  - 측량목적에 따른 GPS 장비를 사용부서에 집중

## 간이 GPS의 측량목적으로의 사용 지양

- 산림내에서 오차발생 개연성이 높은 간이 GPS는 현황용(독도)으로만 사용

## 2. GPS 장비 운영기준 마련

구분	GIS 맵핑용 (1주파, Carrier)	GIS 맵핑용 (Handheld 형)	독도용
DGPS	실시간 통합 Beacon	MSAS	WAAS
오차범위	±3m 이내	±4m 이내	±18m 이내
사용범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 문화재목, 사방댐 등 점측량</li> <li>• 임도, 등산로 등 선측량</li> <li>• 숲가꾸기 사업지 면측량</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 문화재목, 사방댐 등 점측량</li> <li>• 임도, 등산로 등 선측량</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현지 참고용</li> </ul>
휴대성	하 (2.8kg)	중 (0.76kg)	상 (0.21kg)
사용시간	무제한 (배터리교환 가능)	8시간 (배터리일체형)	무제한 (배터리교환가능)
구입대수 (20,000천원)	1대	4대	20대
효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용범위에 제한이 없는 측량용 GPS 장비 보유</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS 운영 인력 확대</li> <li>• 현황측량용 GPS 보급 (1인 1GPS 휴대가 가능)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 참고용 GPS 확대 보급이 가능</li> </ul>

# 3. 제 언

## 산림청의 산림사업 좌표체계 활용지침 개정

### 산림사업과 관련된 위치선정 및 경계측량 장비

- 당초 : 허용오차  $\pm 2m$  이내의 DGPS 장비
- 변경 : 위치선정 및 경계측량 오차 범위로 수정

### 개략적인 위치 확인용 간이 GPS

- 당초 : 허용오차  $\pm 15m$  이내
- 변경 : 현황참고용 GPS의 경우 오차범위 삭제



## 정밀 측량용 GPS 도입

### 필요성

- 국유재산 관리 및 산림사건 처리를 위한 정밀 GPS 측량자료 수요 증대
- 현재 보유장비는 1m 이내의 정밀 측량이 어려움

### 수신기 및 측량방법

- 2주파 위성수신기
- RTK (Real Time Kinematic, 실시간 이동 측량)

### 기대효과

- 정밀 측량데이터 수집으로 산림행정 신뢰도 제고
- 새로운 GPS 측량 분야 개척(GIS 선도 기관 이미지 제고)

# 4. 기대효과

## 산림 GPS 측량 업무 효율성 극대화

- 산림 GIS 표준화에 발맞춘 GPS 표준화 도모
- 정밀도 높은 데이터 취득으로 보다 정확한 의사결정 지원 및 신뢰도 제고
- 측량목적에 따른 GPS 장비 제안으로 장비사용의 효율성 제고

GPS 장비 성능에 따른 오차 입증

# 감사합니다